

Adatok egyes tisztántúli talajok vaskonkrécióinak képződéséhez

VÁMOS REZSŐ

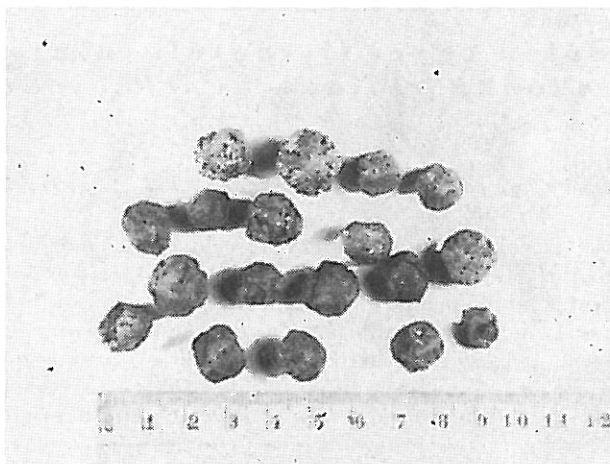
Tudományegyetem Növényélettani Intézete, Szeged

Azokban a talajokban, amelyeknek képződését az aerob-anaerob állapot ismétlődő változása jellemez, vaskiválások találhatók. Ilyen konkréciók mind az erdőtalajokban, mind pedig a degradált szikes talajokban előfordulnak. E két talajtípus genetikai hasonlósága a degradálódással függ össze (SZABOLCS [14], VÁMOS [16]) ezért érthető, hogy bennük bizonyos mértékig analitikailag is közel álló vas-mangán konkréciók képződtek (GEREI ÉS MÁTÉ [3]). Miután az erdőtalajok kilúgozódása más talajélettani folyamatok eredménye, mint a szologyosodás, jelen munkánkban csupán a szology és szologyosodó talajok vaskonkrécióival, az ún. „vasborsókkal”, vagy „vasgöbecsekkel” kívánunk foglalkozni.

A szology talajokban és lápos réti talajokban található vaskonkréciók képződésének kérdésével már több tanulmány foglalkozott. TREITZ [15] leszögezte, hogy a konkréciók hajdani mocsarak talajában képződtek. SIGMOND [10] a képződés folyamatában szükségesnek tartja az időszakos vízborítással járó redukálódást, amely a vasat oldatba viszi. Szerinte a talaj mésztelensége lényeges tényező, mert a kalciumkarbonát a szénsav lekötésével a vas- és mangánvegyületek oldódását megakadályozná. Lerögzíti azt is, hogy a redukációs folyamatok mikrobiológiai tevékenység eredményei, amelyben ARANY [1] szerint fontos szerepe van a növényi anyagok anaerob lebomlásának. SZABOLCS [13, 14] a konkréciók képződését a szologyosodással hozza összefüggésbe, vagyis szerinte ezek a vaskiválások a szologyosodás folyamatának termékei. STEFANOVITS ÉS MÁTÉ [12] szerint a lápos, réti talajokban 65–70 cm az a mélység, amelyben sűrűn fordulnak elő nagyméretű karbonáttartalmú vasas konkréciók. KAMOSHITA [6] a japán rizstalajok osztályozásánál aszerint, hogy tartalmaznak-e konkréciókat vagy sem, a réti talajokat két csoportra osztja.

A gömbalakú konkréciók gömbhéjas rétegeződésűek, s ez jól megfigyelhető akkor, ha azokat a legnagyobb átmérőig lecsiszoljuk (1. és 2. ábra). A rétegek tömörsége különböző. A központi laza, porózus rész, amely kevés növényi maradványt tartalmazhat, könnyűszerrel eltávolítható. Ez a belső laza, ferrioxid-hidroxid és karbonát tartalmú centrum lehet egészen kicsi, de az egész konkréció belsejét is kitöltheti és ilyenkor a külső héj egészen vékony. A külső réteg csak akkor marad sértetlen, ha a konkréciót a felszántott talajból az esővíz mossa ki, különben a száraz talajból gyűjtött példányok külső rétege, miután az a talajhoz cementeződött, hiányzik. Az ép külső réteg rendszerint apró kisebb gömböskék kinövésekkel van tele. A rétegeződésből arra következtethetünk, hogy a konkréció periódikus folyamatok eredménye. A réteges felépítés az ugyancsak mocsarakban képződő markazitra emlékeztet, azzal a különbséggel, hogy annak

anyaga poliszulfid. A konkréciók kémiai összetételéről SIGMOND [10], ARANY [1], GEREI ÉS MÁTÉ [3] vizsgálatai tájékoztatnak. A konkréciók képződéséhez vezető talajéletteni folyamatok megvilágítására végzett saját vizsgálatainkról és kísérleteinkről az alábbiakban számolunk be.



1. ábra
Vaskonkréciók Cserebökényből

Anyag és módszer

A vizsgált konkréciók Szentes és Hódmezővásárhely környékéről származnak.

A vas és mangán meghatározásokat fotometrikan standard görbe segítségével végeztük.

Az aminosavakat alkoholos kivonatból Schleicher-Schüll papíron mutatuk ki. A solvens butanol: ecetsav: víz 2 : 1 : 1 arányú keveréke volt. A kromatogramokat 0,2%-os acetóban oldott ninhydrin oldattal permeteztük, majd 5 percig 60 °C-on, 12 órán keresztül, szoba hőmérsékleten sötétben tartottuk.

A redox viszonyokról platina és kalomel elektródák segítségével tájékozódunk.

Kísérleti rész

A konkréciók olyan degradálódott talajokban találhatók, amelyek hajdan időszakosan vízzel voltak borítva. A konkrécióképződés tehát a vízzel borított, vagy túlnedvesedett talajokban végbemenő folyamatok eredménye. E folyamatok első szakaszát az oldott vas és mangán mennyiségének felszaporodása, míg a másikat annak kiválása képezte. Mint ismeretes, a talajokban a vízborítást követően a szerves anyag mennyiségétől és a hőmérséklettől függően mikrobiológiai tevékenység eredményeképpen anaerob viszonyok alakulnak, amelyben redukzív folyamatok mennek végbe.

A vas és mangán redukciója

A talajban levő vasvegyületek közül a kémiai és biokémiai folyamatokban az oxihidrátnak jut a főszerep. Ezek a vegyületek vízben nagyon nehezen

oldódnak, de elárasztott talajokban az ott kialakuló körülmények eredményeképpen jelentékeny mennyiségű vas, mint ferrovas oldatba megy. A vas redukcióját akár a redox-potenciál, akár az oxigénkoncentráció csökkenésével összefüggésben vizsgálhatjuk.

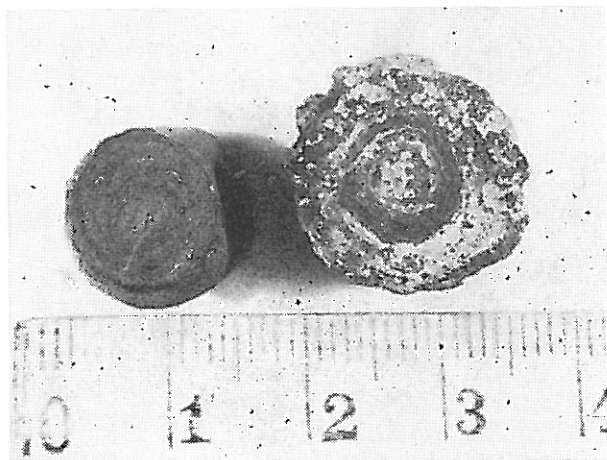
Az előbbi esetben az adott redoxpotenciál-csökkenés és Fe^{2+} mennyisége között a következő összefüggés áll fenn (PONNAMPERUMA [8]):

$$E_h = -0,10 + 0,58 \log \frac{1}{\text{Fe}^{2+}}.$$

Ez az összefüggés azonban csak akkor érvényes, ha oxidáció, precipitáció és komplex-ionképződés lehetősége nem áll fenn. Az oxigén-koncentráció szempontjából viszont az előbbinél jobban használható a gyakorlatban a következő összefüggés (PONNAMPERUMA [8]):

$$p \text{ Fe}^{2+} = 2 \text{ pH} + 1,93 - 0,25 \text{ pO}_2.$$

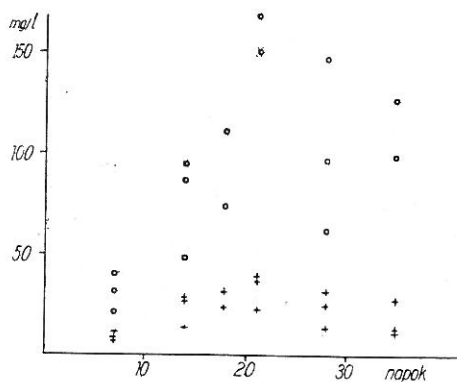
A két kifejezésből kitűnik, hogy az oldott vas mennyisége részben az oxigénkoncentrációtól, részben pedig a pH-értéktől függ. Miután az oxigénkoncentráció mérése az iszapban nehézségekbe ütközik, redoxpotenciál mérések nyújthatnak



2. ábra
A konkréciók keresztmetszete

megfelelő tájékoztatást. A vas oldódásának mértékéről a közeg pH- és E_h -értékének függvényében POURBAIX [9] részletes vizsgálatai tájékoztatnak. Ezekből kitűnik, hogy alacsonyabb E_h -értékekkel és a hidrogénion koncentráció növekedésével az oldott vas mennyisége emelkedik. Az elárasztott talajokban végbemenő vas- és mangánredukció a rizsnövény ellátottsága szempontjából rendkívül fontos, ezért e kérdéssel sok tanulmány foglalkozik. Így többek között BLOOMFIELD [2], MANDAL [7], JEFFERY [5], PONNAMPERUMA [8] vizsgálatai igazolják, hogy a vízzel borított talajokban végbemenő szervesanyag bomlás eredményeként a Fe^{2+} és a Mn^{2+} -ionok mennyisége növekszik. Az elárasztást követő ferrovas és mangán felszaporodását nálunk modell kísérletekben és szabadföldi körülmények között SIK [11] tanulmányozta.

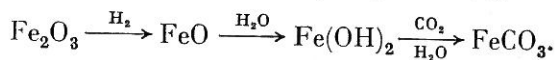
A vas oldódását elősegítő hidrogén-ion koncentrációt és az anaerob viszonyokat az iszap baktériumflórája egyrészt az oxigén felhasználásával, majd ezt követően atomos és molekuláris hidrogén képzésével járó erjedéssel folyamatosan biztosítja. Saját vizsgálataink szerint az árasztás után a redox-szint alatt a vas és mangán mennyisége a 3. ábra szerint változik. A redukív folyamatok, fő-



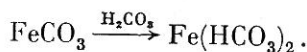
3. ábra

A Fe^{2+} és Mn^{2+} mennyiségének változása az elárasztott savanyú réti talaj (Kopáncs) szűrlésében.
 $\text{Fe}^{2+} = \bigcirc$ $\text{Mn}^{2+} = +$

képpen a szulfátredukció a víz pH-értékét növelik, ezért a Fe^{2+} és Mn^{2+} mennyiségének növekedése később megáll, majd csökken. A vas átalakulását az alábbi részletfolyamatokkal szemléltethetjük (FEHÉR [4], MANDAL [7]):

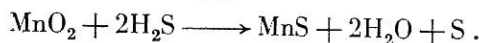


A vaskarbonát CO_2 bőségben, ami az intenzív szervesanyag lebomlás eredménye, hidrokarbonáttá alakul és oldatba megy:

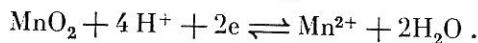


Szikes mocsarak, mocsaras tavak vizében a mangántartalom a redox-szint alatt a nyári felmelegedéstől kezdődően növekszik.

A H_2S tartalmú vizekben, amilyen a sziki mocsarak vize, gyakori folyamat a MnO_2 alábbi redukciója (FEHÉR, [4]):



Ennek megfelelően mind modell, mind szabadföldi vizsgálataink azt mutatták, hogy az iszap szulfidtartalmának növekedése a Mn^{2+} növekedését vonja maga után. A mangán-oxid oldódását és kiválását az alábbi kifejezéssel szemléltethetjük. A folyamat iránya a pH-értéktől függ.



A Mn-oxidok a ferrioxidokhoz hasonlóan nehezen oldódnak, de rendkívül könnyen redukálódnak. Viszont a kétértékű mangán a ferró-vasnál nehezebben oxidálódik, kiválása magasabb Eh és pH-értéknél történik.

A konkrécio képződése

Az Fe^{2+} és Mn^{2+} ionok felszaporodásának áttekintése után a következő feladat a konkréciók kiválásának megvilágítása volt.

Mikroszkópi vizsgálatot végeztünk a porózus, laza belső rész anyagára vonatkozóan. Ebben nagyon kevés lebomlott növényi maradványt találtunk. A szerves anyag mennyisége jelentéktelen, viszont 'Sigmonddal ellentétben karbonát jelenlétét tudtuk kimutatni. A laza rétegben sem csigahéj, sem más idegen anyag nem volt, ami köré a lerakódást elképzeltük. A csiszolat alapján a sárgászöldes-vörös vas és csokoládébarna mangános rétegek ritmikus, szalagos váltakozását állapítottuk meg. A rétegek átlagos vastagsága 0,1–0,2 mm.

Annak eldöntésére, hogy a konkrécio képződésében biológiai folyamatoknak volt-e szerepe, papírkromatográfiás eljárással összehasonlítottuk a belső állomány és a külső tömöttebb gömbhéjas réteg aminosav-készletét. Ebből kitudt, hogy a belső állományban: leucin, valin, prolin, alanin, glutaminsav, asparaginsav, glutamin, glicin, lizin és cisztin fordulnak elő kimutatható mennyiségben. A külső réteges zónában ugyanezeket az aminosavakat találtuk, de valamivel kisebb mennyiségben (4. ábra). A környezetből vett talajokban csak asparagint, glutaminsavat és alanint találtunk nagyon kis mennyiségben. Az aminosavak jelenlétéből arra következtethetünk, hogy a biológiai folyamatoknak, azon belül a fehérje bomlásnak szerepe lehetett a konkrécio képződésében.

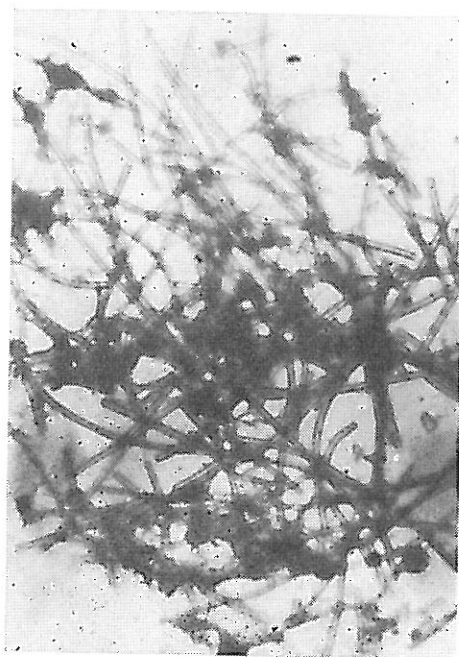
A vas és mangán kiválását elősegíthette minden olyan folyamat, vagy állapot, amely a pH- és Eh-értékek emelkedésével jár. Így a bomló növényi anyag által segített szulfát-redukció, növényi vagy állati maradvány ammónia felszabadulással járó fehérje bomlása egyaránt kiválásnak lehet okozója. A reduktív folyamatokról ismert elárasztott rizsföldekről a töltéseken keresztülszivárgó vízben gyakran figyeltünk meg vas- és mangánkiválást. Ilyen kiválások mikroszkópi vizsgálatánál vaskbaktériumok, főképpen *Leptothrix ochracea* Kützing jelenlétét állapítottuk meg (5. ábra). Ezek a baktériumok, amelyek hüvelyekbe a vasat és mangánt beépítik, góccokat hoznak létre. Feltehető, hogy a baktériumfonalaktól összetartott halmaz is képezhette a konkrécio központját.

A belső oxihidráat-gócra, amint annak csiszolatán is megállapítható, a körülményektől függően ritmusosan váltakozó rétegek rakódtak. Amikor a víz szabad szénsav koncentrációja csökkent, vaskarbonát és mangánkarbonát-réteg vált ki, ami az idők folyamán limonittá alakult. Más lett a helyzet a nyári, anaerob



4. ábra
A vaskonkréciók aminosav kromatogramja

körülmények között, amikor az iszapban jelentékeny mennyiségű kénhidrogén képződött. A kénhidrogén a Fe^{2+} -ionokkal vasszulfiddá egyesült és ez a gócot rétegesen körülvette, míg a mangán oldatban maradt. A vasszulfid réteg vastagsága az anaerob (reduktív) viszonyok időtartamától függött. Megfigyeltük, hogy az erőteljes reduktív állapotokat gyakran a tél sem szakítja meg, s így az huza-



5. ábra

Leptothrix ochracea Kützing a rizsföldi gátoldalon levő vaskiválásból

mosabb ideig, éveken keresztül tarthatott. Ez a reduktív viszonyok közötti folyamat nagyjából megegyezik a markazitképződés elméletével. Innentől kezdve már eltérés mutatkozik, mert amikor a mocsár alján a viszonyok levegőssé változtak, a vasszulfid réteg oxidálódott és mangántartalmú, gyengén karbonátos réteggel gyarapodott. A mangántartalmú réteg képződésében feltehetően a pH-érték emelkedésének is szerep jutott. Az azt követő reduktív állapot ugyan ismét egy újabb szulfidos réteget eredményezett, de az a következő levegős időszakban ismét oxidálódott. S így jött létre a gömbhéjas rétegezettség, ami cleve ellentmond TREITZ [15] ama elképzelésének, hogy azok a hajdani erdőtalajok akkumulációs szintjében képződött sarkos vaskőkavicsok legömbölyödése révén jöttek volna létre.

Az előbb ismertetett feltevést és abban a kén körforgalmának szerepét a konkréciók képződésében az alábbi módon igazoltuk. Modell-kísérlet keretében üvegkádban a természetben kialakuló reduktív zónát utánozva, két eredeti szology talajréteg közé gyapotréteget helyeztünk. A talajba előzőleg 5 g kén-savas ammóniát kevertünk a szulfátreduktió fokozásának érdekében. A gyapotrétegben ugyancsak gyapottal körülvett, gondosan lemért vaskonkréciókat

helyeztünk. A gyapot erjedése adta a redukcióhoz szükséges hidrogént. Ezután a talajt vízzel telítettük és fölé 4 cm-es vízborítást adtunk. Ezek után a kísérleti kádakat 28 C° hőmérsékletű sötét termosztátba helyeztük. 10 nap eltelte után a fehér gyapotréteg a vasszulfidtól teljesen megfeketedett, az E_h -érték -240 , -260 mV-ra süllyedt. Az elpárolgó vizet csapvízzel pótoltuk. 40 nap után a vízpótlást beszüntettük. További 15 nap múlva a talaj teljesen kiszáradt, a szulfid feloxidálódott. A konkréciókat kiszedtük, teljes száradás után a gyapotréteget eltávolítottuk, gyenge vízárrammal lemostuk, majd súlyállandóságig szárítottuk. A friss képződésű $FeO.OH$ réteg jelenlétét szabad szemmel is megállapíthattuk. A mérések eredményeként az alábbi súlygyarapodást tapasztaltuk (1. táblázat).

1. táblázat
A konkréciók súlya
a redukzív zónában való helyezés előtt és után

(1) A	(2) Kísérlet előtt	(3) Kísérlet után	(4) Súlynövekedés g
	súly, g		
1.	2,1413	2,1803	0,0390
2.	1,8715	1,8915	0,0200
3.	2,8168	2,8408	0,0240
4.	2,1604	2,1638	0,0234
5.	2,3329	2,3447	0,0118
6.	1,9192	1,9330	0,0138
7.	2,0414	2,0905	0,0491
8.	1,7426	1,7664	0,0238

Az adatokból kitűnik, hogy valamennyi konkréció súlya gyarapodott. A nagyobb konkrécióknál, és a göröngyös felületűeknél érthetően nagyobb volt a súlygyarapodás, mint a kisebb felülettel bíró példányok esetében.

A konkréciók képződésének még számos megvilágítandó kérdése van. Ilyen pl. a Stefanovits és Máté által megjelölt talajmélység (ahol a konkréciók előfordulása a leggyakoribb) jelentősége, vagy a kiválás folyamatainak részletes felderítése. Miután a konkréció-képződés a talaj degradálódásának bizonyos szakaszára jellemző, a talajgenetika e megállapításokat eredményesen használhatja.

Összefoglalás

A réti, lápos, és degradálódott talajokban található vaskonkréciók képződése e talajoknak időszakosan vízzel borított állapotával függ össze. Létrejövésükben két szakaszt különböztetünk meg. Az egyik az Fe^{2+} és Mn^{2+} felszaporodása az iszapban a redox-szint alatt, míg a másik azoknak egy adott centrum körüli tömeges, réteges kiválása. A belső rész kisebb-nagyobb laza oxid-hidroxid, kevés karbonát tartalmú kiválás. Ez a belső laza góc aminosavakat tartalmaz, többet mint a héjszerű rétegek és a környező talaj. Az aminosavak jelenlétéből arra következtethetünk, hogy bizonyos biológiai folyamatoknak szerepe lehetett a konkréciók képződésében. A vas- és mangán redukálódás-

sal járó oldódása, és a későbbi kiválása a pH és Eh értékek csökkenésének, illetve emelkedésének a következménye. A pH- és Eh-értékek alakulását a talajban lezajló mikrobiológiai tevékenység szabályozza.

Az oxidos góc köré az anaerob fázisban vasszulfid és vaskarbonát rakódott, ami levegős körülmények között oxidálódott. Erre később feltehetően a pH-érték emelkedésének következményeként mangántartalmú réteg rakódott, ami szintén oxidálódott. Az aerob és anaerob viszonyok állandó változásának eredményeként nem a mocsarak descendens folyamatára jellemző markazit (FeS_2) képződött, hanem túlnyomórészt oxidokból és kevés karbonátból álló konkréció.

Érkezett : 1963. január 7.

Irodalom

- [1] ARANY, S.: A szikes talaj és javítása. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1956.
- [2] BLOOMFIELD, C.: Some observations on gleying. J. Soil Science. **1**. 205—211. 1949.
- [3] GEREI, L. & MÁTÉ, F.: Vas- és mangántartalmú kiválások néhány hazai talajban. Agrokémia és Talajtan. **6**. 43—51. 1957.
- [4] FEHÉR, D.: Talajbiológia. Akad. Kiadó. Budapest. 1954.
- [5] JEFFERY, O. W. J.: Defining the state of reduction of a paddy soil. J. Soil Science. **12**. 172—179. 1961.
- [6] KAMOSHITA, J.: On the chemical constituents of principal soil types in Japanese paddy field area. VIe Congres International de la Science de Sol. R. **3**. 499—502. Paris. 1956.
- [7] MANDAL, L. N.: Transformation of iron and manganese in waterlogged rice soils. Soil Science. **91**. 121—126. 1961.
- [8] PONNAMPERUMA, F. N.: The chemistry of submerged soils in relation to the growth and yield of rice. Ph. D. Thesis. Cornell University. 1955.
- [9] POURBAIX, N. J. M.: Thermodynamics of dilute aqueous solutions. Edward Arnold and Co. London. 1949.
- [10] SIGMOND, E.: A hazai szikesek és megjavítási módjaik. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. 1923.
- [11] SIK, K.: A barnulásos betegség talajtani tanulmányai 1950-ben. Agrokémiai Kutató Intézet Évkönyve. 77—94. 1951.
- [12] STEFANOVITS, P. & MÁTÉ, F.: Javaslat a hazai láptalajok osztályozására. Agrokémia és Talajtan. **9**. 277—283. 1960.
- [13] SZABOLCS, I.: Hortobágy taljai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1954.
- [14] SZABOLCS, I.: Tiszántúli talajaink szologyosodása (degradációja). Agrokémia és Talajtan. **3**. 361—368. 1954.
- [15] TREITZ, P.: A sós és szikes talajok természetrajza. Stádium. Budapest. 1924.
- [16] VÁMOS, R.: Az amorf kovász képződése és felhalmozódása a degradált szikes talajokban. Agrokémia és Talajtan. **10**. 53—66. 1961.

Данные к вопросу образования конкреций железа в отдельных почвах Затиссайского Края

Р. ВАМОШ

Научно-исследовательский институт физиологии растений при Университете естественных наук,
г. Сегед (Венгрия)

Резюме

Шарообразные конкреции железа диаметром до 20 мм встречаются в Венгрии на луговых почвах, солодах и осолодевших почвах, образовавшихся на кислых наносах реки Тиссы. Образование этих конкреций связано с процессами, возникающими в почве при временном застое воды. Процесс образования конкреций состоит из двух этапов. В первый этап происходит накопление ионов Fe^{2+} и Mn^{2+} , во втором этапе происходит

массовое выделение этих же ионов в анаэробных и частично в аэробных условиях. Поэтому на шлифах хорошо видно чередование темнотных слоев богатых марганцем и желто красных слоев, состоящих из гидроксида железа. На шлифах различается внутреннее рыхлое, легко отделяющееся ядро конкреции и более плотный и твердый слой вокруг этого ядра. При помощи бумажной хроматографии в центральной части конкреции нашли небольшое, но определенное количество аминокислот: леуцин, валин, тирозин, пролин, аланин, глютаминовую кислоту, аспарагиновую кислоту, глицин, лизин и цистин. В наружных слоях конкреций были обнаружены те же аминокислоты, но в меньших количествах. Наличие аминокислот указывает на роль биологических процессов. Аммоний, освобождающийся при разложении белков повидимому играл значительную роль при осаждении Fe^{2+} и Mn^{2+} , связанным с увеличением pH. Осаждению способствовали все те процессы, которые увеличивали Eh и pH.

Ядро, образовавшееся вокруг разложившегося растительного остатка (возможно вокруг растительных семян) было окружено в анаэробных условиях сульфидом железа, потом карбонатом железа которое в анаэробных условиях окислялось до оксида и гидроксида железа. После этого в результате увеличения pH образовались темнотные слои, содержащие марганец, а затем снова возникал аэробный процесс. Возможно, что нити железистых и марганцевых бактерий способствовали связыванию отдельных слоев.

В результате чередования анаэробных и аэробных условий образовался не марказит (FeS_2), характерный для заболоченных участков, а конкреции, состоящие главным образом из оксидов.

Рис. 1. Конкреции железа из Черёбёкень.

Рис. 2. Поперечный шлиф конкреций.

Рис. 3. Изменение количества Fe^{2+} и Mn^{2+} в фильтрате затопленной кислой луговой почвы. (Копаньч). $\text{Fe}^{2+} = \bigcirc$, $\text{Mn}^{2+} = +$.

Рис. 4. Картограммы аминокислот железистых конкреций.

Рис. 5. Leptotrix ochracea Kützing из железистых выделений, взятых из вала вокруг рисового поля.

Табл. 1. Вес конкреций до и после их заложения в зону восстановления. (1) Номер образца. (2) Вес перед опытом в гр. (3) Вес после опыта в гр. (4) Увеличение в весе.

Beiträge zur Bildung von Eisenkonkretionen in einigen Böden der Region östlich der Theiss

R. VAMOS

Institut für Pflanzenphysiologie, Universität Szeged (Ungarn)

Zusammenfassung

In Ungarn sind in den auf dem sauren Geschiebe der Theiss entstandenen Wiesen-Solodj- und solodjartig umgebildeten Böden kugelförmige Konkretionen von 0 bis 20 mm Durchmesser zu finden. Die Bildung dieser Konkretionen hängt mit den in periodisch mit Wasser bedeckten Böden vor sich gehenden Prozessen zusammen, die aus zwei Abschnitten bestehen. Im ersten Abschnitt erfolgt die Anhäufung von Fe^{2+} und Mn^{2+} unterhalb des Redox-Horizontes, während im zweiten Abschnitt dieselben Ionen teils unter anaeroben, teils unter aeroben Bedingungen massenhaft ausscheiden. Dementsprechend fällt auf den Dünnschliffen ein Wechsel der manganreichen dunkelbraunen und der nur aus Eisenoxyd-Hydroxyd bestehenden gelblichroten Schichte auf. Ebenfalls auf Grund der Dünnschliffe lassen sich in der Konkretion ein inneres lockeres und leicht zu entfernendes Zentrum und eine rings um dasselbe geschichtete kompaktere und härtere Zone unterscheiden. Im zentralen Teil wurden mit dem papierchromatographischen Verfahren geringe jedoch nachweisbare Mengen von Aminosäuren vorgefunden u. zw. Leucin, Valin, Tyrosin, Prolin, Alanin, Glutaminsäure, Asparaginsäure, Glutamin, Glyzin, Lysin und Cystin. In der äusseren geschichteten Zone wurden dieselben Aminosäuren, jedoch in viel kleineren Mengen nachgewiesen. Die Gegenwart der Aminosäuren verweist auf die Rolle biologischer Prozesse. Das aus Eiweisszersetzung stammende Ammoniak hat vermutlich in dem Ausscheiden von Fe^{2+} und Mn^{2+} in Zusammenhang mit dem Ansteigen des pH Wertes eine erhebliche Rolle gespielt, da das Ausscheiden durch jeden Prozess gefördert wurde der die Eh- und pH-Werte erhöhte.

Das um einen organischen Stoff vermutlich sich zersetzenden Pflanzensamen, gebildete Zentrum wurde unter anaeroben Bedingungen von Eisensulphid, alsdann Eisenkarbonat umgeben, welches in der aeroben Phase sich zu Eisenoxyd-Hydroxyd oxydierte. In der weiteren

Folge hat sich als Resultat des Steigens des pH-Wertes eine manganhaltige, schokoladebraune Schichte abgelagert; sodann hat sich der anaerobe Prozess wiederholt. Möglicherweise wurde die Fixierung der Schichten durch die Fäden einzelner Eisen-Mangan Bakterien gefördert.

Als Folge des ständigen Wechsels von aeroben und anaeroben Bedingungen bildete sich nicht das für den descendenten Prozess der Sumpfe bezeichnende Markazit (FeS_2), sondern es entstanden überwiegend aus Oxyden bestehende Konkretionen.

Abb. 1. Eisenkonkretionen aus Cserebökény

Abb. 2. Querdünnschliffe der Konkretionen

Abb. 3. Die Veränderung der Mengen von Fe^{2+} und Mn^{2+} im Filtrat des überfluteten sauren Wiesenbodens (Kopáncs). $\text{Fe}^{2+} = \bigcirc$, $\text{Mn}^{2+} = +$

Abb. 4. Aminosäure-Chromatogramm der Eisenkonkretionen

Abb. 5. *Leptothrix ochracea* Kützing aus der Eisenausscheidung an der Dammseite des Reisfeldes

Tabelle 1. Das Gewicht der Konkretionen vor und nach Placierung in der reduktiven Zone. (1) Nr. der Probe. (2) Gewicht vor dem Versuch, g. (3) Gewicht nach dem Versuch, g. (4) Gewichtszunahme.